

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-048197

(43)Date of publication of application : 26.02.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 03-221149

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 07.08.1991

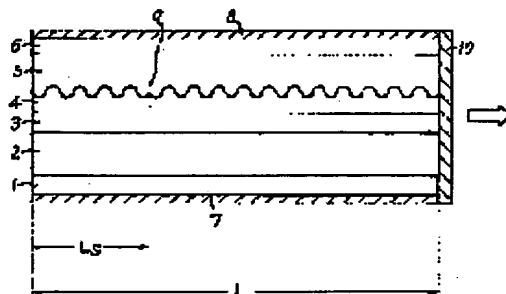
(72)Inventor : KUROSAKI TAKESHI  
FUKUDA MITSUO  
HIRONO TAKUO

## (54) DISTRIBUTION FEEDBACK TYPE SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a DFB laser capable of obtaining sufficient optical output from the end face on an exit side and reducing return light induction noise by as simple structure and process as possible without damaging a single mode oscillation of the DFB laser.

CONSTITUTION: An optical wave guide path (resonator) which comprises an active layer 3 and a guide layer 4 is provided with a diffraction grating whose phase is turned in a discontinuous section on the way in structure. An attempt is made to change the reflectance of the end face by coating the exit end face with a dielectric film 10, and what is more, a further attempt is made to reduce the return light inductance noise by optimizing the position of the discontinuous section of the diffraction grating which shifts by  $1/2$  of the cycle of projection and recess and the magnitude of a product  $KL$  between an optical coupling constant  $\hat{e}$  and the length  $L$  of the resonator.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.12.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-48197

(43)公開日 平成5年(1993)2月26日

(51)Int.Cl.<sup>3</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9170-4M

審査請求 未請求 請求項の数2(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-221149

(22)出願日 平成3年(1991)8月7日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 黒崎 武志

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 福田 光男

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 廣野 卓夫

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

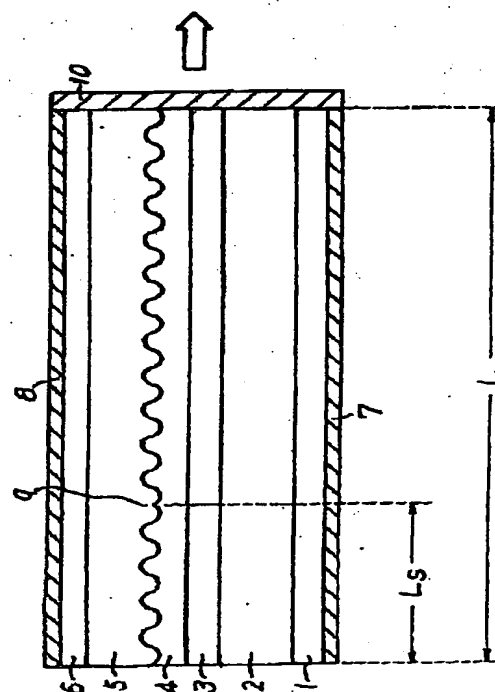
(74)代理人 弁理士 杉村 曉秀 (外1名)

(54)【発明の名称】 分布楕圓形半導体レーザ

(57)【要約】

【目的】 出射側端面から十分な光出力を得ることができ、かつDFBレーザの単一モード発振を損なうことなく、また、できるだけ簡単な構造およびプロセスにより、戻り光誘起雑音を低減することができるDFBレーザを提供することにある。

【構成】 活性層3とガイド層4とから形成される光導波路(共振器)に回折格子を有し、かつこの回折格子の位相が途中で不連続部9となった構造をもつDFBレーザであって、出射端面に誘電体膜10を被覆することによって、端面の反射率を変え、さらに回折格子の位相が回折格子の凹凸の周期の2分1だけシフトするような位相の不連続部分の位置、および回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ の大きさを最適化することによって、戻り光誘起雑音の低減を図ったDFBレーザである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層とガイド層とから形成される光導波路（共振器）に回折格子を有し、かつこの回折格子の位相が途中で不連続になった構造をもつ分布帰還形半導体レーザにおいて、

出射側端面には無反射（AR）コーティングを施し、その反対側にあたる後方端面はへき開したままの状態、かつ回折格子の位相の不連続部分で、位相が回折格子の凹凸の周期の2分の1（共振器内を伝搬する光の波長の4分の1）だけシフトして、後方端面から不連続部分までの長さを $L_s$ 、レーザの共振器長を $L$ とし、 $0.2 \leq L_s/L \leq 0.4$ となる位置に不連続部分を設け、かつ回折格子によって、一方向に進行する光が反射され、反対方向に進行する光に変わる、単位長さあたりの割合を結合定数 $\kappa$ とし、結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ が、 $2 \leq \kappa L \leq 4$ としたことを特徴とする分布帰還形半導体レーザ。

【請求項2】 活性層とガイド層とから形成される光導波路（共振器）に回折格子を有し、かつこの回折格子の位相が途中で不連続になった構造をもつ分布帰還形半導体レーザにおいて、

出射側端面には無反射（AR）コーティングを施し、その反対側にあたる後方端面には誘電体多層膜による高反射（HR）コーティングを施し、かつ回折格子の位相の不連続部分で、位相が回折格子の凹凸の周期の2分の1（共振器内を伝搬する光の波長の4分の1）だけシフトして、後方端面から不連続部分までの長さを $L_s$ 、レーザの共振器長を $L$ とし、 $0.1 \leq L_s/L \leq 0.3$ となる位置に不連続部分を設け、かつ回折格子によって、一方向に進行する光が反射され、反対方向に進行する光に変わる、単位長さあたりの割合を結合定数 $\kappa$ とし、結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ が、 $1 \leq \kappa L \leq 3$ としたことを特徴とする分布帰還形半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体レーザの特性悪化の大きな要因の一つである戻り光誘起雑音を低減する分布帰還形半導体レーザ（以下、DFBレーザと略記する）に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の戻り光誘起雑音低減のための構造の一例として、InGaAsP/InP系のDFBレーザの構造を図2に示す。

【0003】 図2において、1はn形InP基板、2は基板1の上のn形InPクラッド層、3はInPクラッド層2の上のInGaAsP活性層、4は活性層3の上の回折格子を有するInGaAsPガイド層、5はガイド層4の上のp形InPクラッド層、6はクラッド層5を覆うp形InGaAsPキャップ層、7は基板1の面に形成したn側電極、8はキャップ層6に形成したp側電極、11は出射端面にSiO<sub>2</sub>

とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を交互に重ねて被覆した誘電体多層膜である。

【0004】 このレーザの動作は、電極8に正の電圧、電極7に負の電圧を印加し、活性層3に電流を流すことによって、電子と正孔が注入され、それらの再結合によって光が発生し、その光がガイド層4に形成された回折格子によって、さらに波長選択性が高められるので、単一モードで発振するものである。また、このレーザの端面に被覆した誘電体多層膜11は、端面の反射率を変えるためのものであり、これを端面に被覆することによって、端面の反射率を高くし、反射戻り光が活性層内部に入射するのを抑制することができる構造となっている。

【0005】 しかしながら、このような誘電体多層膜を被覆したDFBレーザでは、端面の反射率が高くなるので、出射端面からの光出力が非常に小さくなってしまふことが、実用上大きな問題となる。また、回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器の長さ $L$ との積 $\kappa L$ を大きくすることも、DFBレーザの戻り光誘起雑音を抑制する方法として報告されているが、(Y. Yoshikuni, H. Kawaguchi and T. Ikegami, "Intensity fluctuation of 1.5  $\mu$ m InGaAsP/InP distributed feedback lasers involving the optical feedback effect", IEE Proc., vol. 132, Pt. J, No. 1, Feb. 1985.) 実際にはホールバーニングという現象が起こり (H. Soda, Y. Kotaki, H. Sudo, H. Ishikawa, S. Yamakoshi and H. Imai, "Stability in Single Longitudinal Mode Operation in GaInAsP/InP Phase-Adjusted DFB Lasers" IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-23, pp. 804-814, June 1987.)、DFBレーザの単一モード発振そのものが損なわれてしまふ。

【0006】 さらに図1に示すような構造のDFBレーザに関して、主モードと副モードとの間に利得差や効率、しきい値電流を考慮した解析がなされているが、

(山口、水戸、小林：非対称入/4シフト型DFB LDの解析、昭和60年度電子通信学会半導体・材料部門全国大会、1-125.)、戻り光誘起雑音の低減といった面では考慮されていない。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、前述の欠点に鑑みなされたもので、出射側端面から十分な光出力を得ることができ、かつDFBレーザの単一モード発振を損なうことなく、また、できるだけ簡単な構造およびプロセスにより、戻り光誘起雑音を低減することができるDFBレーザを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明では、従来の構造をしたDFBレーザの出射端面に誘電体膜を被覆することによって、端面の反射率を変え、さらに回折格子の位相が回折格子の凹凸の周期の2分の1（共振器内を伝搬する光の波長の4分の1）だけシフトするような位相の不連続部分（以下、 $\lambda/4$ 位相シフトと略記する）の位置、お

よび回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ の大きさを最適化することによって、戻り光誘起雑音の低減を図った。

【0009】すなわち本発明のDFBレーザは、活性層とガイド層とから形成される光導波路（共振器）に回折格子を有し、かつその回折格子の位相が途中で不連続になった構造を持ったもので、(1) 出射側端面には無反射（AR）コーティングを施し、その反対側にあたる後方端面はへき開したままの状態、後方端面から $\lambda/4$ 位相シフトまでの長さを $L_s$ 、レーザの共振器長を $L$ とし、 $0.2 \leq L_s/L \leq 0.4$ となる位置に $\lambda/4$ 位相シフトを設け、かつ回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ が、 $2 \leq \kappa L \leq 4$ とするもの、および(2) 出射側端面には無反射（AR）コーティングを施し、その反対側にあたる後方端面には誘電体多層膜による高反射（HR）コーティングを施し、後方端面から $\lambda/4$ 位相シフトまでの長さを $L_s$ 、レーザの共振器長を $L$ とし、 $0.1 \leq L_s/L \leq 0.3$ となる位置に $\lambda/4$ 位相シフトを設け、かつ回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ が、 $1 \leq \kappa L \leq 3$ とするものである。

【0010】ただし、結合定数 $\kappa$ は、回折格子によって、一方向に進行する光が反射され、反対方向に進行する光に変わる、単位長さあたりの割合を表わし、回折格子の深さ、もしくは回折格子の凹凸の幅の比で決定されるものである。また $\lambda/4$ 位相シフトは、DFBレーザの単一モード性を高めるためのもので、共振器内の電界は、この $\lambda/4$ 位相シフトのところで最も強くなるような分布を示す。さらに、位相シフトの位置 $L_s/L$ については、DFBレーザのモード間利得差 $\Delta\alpha_{11}L$ 、および内部微分量子効率で規格化した外部微分量子効率 $\eta_e/\eta_i$ 、戻り光感受率（F. Favre, "Theoretical Analysis of External Optical Feedback on DFB Semiconductor Lasers", IEEE, J. Quantum Electron., vol. QE-23, pp. 81-88, Jan. 1987.） $|C|$ を計算し、戻り光の影響を小さく、かつDFBレーザの単一モード発振器や出力パワーなどの特性を損なわない範囲を定めた。

【0011】ここで、主モードと副モードの間の利得差 $\Delta\alpha_{11}L$ は、副モードの発振器の起こりにくさの目安となるものであり、この値が大きいほど、DFBレーザは、安定な単一モード発振をする。また内部微分量子効率で規格化した外部微分量子効率 $\eta_e/\eta_i$ は、構造の違いによる相対的な出射端面からの光出力の大きさを表わすものである。さらに戻り光感受率 $|C|$ は、反射戻り光とレーザ共振器内部の電界との結合のし易さを表わすパラメータで、この値が小さいほど、レーザは戻り光の影響を受けにくくなる。

【0012】これら三つのパラメータの計算結果を図3～図8に示す。また、回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器長 $L$ との積 $\kappa L$ については、両端面がへき開した

状態の $\lambda/4$ 位相シフトがないDFBレーザよりも、前述の戻り光感受率 $|C|$ が小さくとれ、かつ出力パワーが十分とれるように範囲を定めた。

【0013】

【作用】本発明では、DFBレーザの出射端面の反射率を小さくし、逆に、後方端面の反射率を大きくし、かつ $\lambda/4$ 位相シフトの位置を共振器中央よりも後方端面側にすることで、共振器内の電界を後方端面側に偏った分布とし、この結果、出射面の反射率を小さくしても、反射戻り光と共振器内の電界との干渉を抑えることを可能とし、かつ出射側端面からの光出力も十分とることができる。

【0014】

【実施例】以下に、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。ここでは、本発明の一実施例をInGaAsP/InP DFBレーザについて述べるが、本発明はこの例にのみ限られるものではない。図1は、本発明の一実施例の、レーザの活性層方向の断面図であって、1はn形InP基板、2は基板1の上の一方の主面上に形成したn形InPクラッド層、3はクラッド層2の上に形成したInGaAsP活性層、4は活性層3の上に形成した回折格子を有するInGaAsPガイド層、5はガイド層4の上に形成したp形InPクラッド層、6はクラッド層5を覆うp形InGaAsPキャップ層、7は基板1の露出表面に形成したn側電極、8はキャップ層6に形成したp側電極、9は $\lambda/4$ 位相シフト、10は出射側端面にSiO<sub>2</sub>を被覆した誘電体膜を示し、これにより、端面の反射率は約1%まで下げられている。また後方端面はへき開したままの状態、この時の反射率は約30%である。さらに $\lambda/4$ 位相シフトは、後方端面から不連続部分までの長さを $L_s$ 、レーザの共振器長を $L$ とし、 $L_s/L=0.3$ となる位置に設けられている。ここで、このDFBレーザの回折格子による光の結合定数 $\kappa$ と共振器の長さ $L$ との積 $\kappa L$ は、2から3の範囲にある。

【0015】この実施例のプロセスおよび基本動作は、従来のDFBレーザと同様であって、電極8へ正の電圧、電極7へ負の電圧を印加し、活性層3に電流を流すこと（電子と正孔の注入）により発光を得るものである。実際に共振器長が300 $\mu\text{m}$ の素子を用いて測定したところ、両端面ともへき開にした $\lambda/4$ 位相シフトの無い回折格子を有するDFBレーザでは、 $\kappa L$ が大きくなると、ホールバーニングが起こり易くなるので、 $\kappa L$ を小さくしないと、単一モード発振できなくなってしまう。これに対して、この実施例の構造では、 $\kappa L$ が3程度でも良好な単一モード発振をし、かつ良好な電流-光出力を得ることができた。

【0016】また、反射戻りがあるときの、レーザの相対雑音強度（RIN）を測定したところ、約1%の戻り光量に対してまでは、RINの増加を抑制することができた。ただし、相対雑音強度とは、光出力強度と平均光

(4)

特開平 5 - 4 8 1 9 7

出力強度の比を測定周波数帯域で割ったものである。以上 InGaAsP/InP DFBレーザを例にとり、本発明を説明したが、本発明はこの例に限られるものではなく、GaAs等の他の材料系よりなる場合でも有効である。また、本発明はp形およびn形の導電形の逆転した、いわゆるp基板形素子でも有効である。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のDFBレーザは、作製工程において、従来のDFBレーザと同じ方法で作製することができ、しかもDFBレーザの単一モード性や光出力、しきい値電流等のレーザの諸特性を損なうことなく、戻り光誘起雑音を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構造を示す断面図である。

【図2】従来の戻り光誘起雑音を抑制するためのDFBレーザの一例の構造を示す断面図である。

【図3】請求項1に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときのモード間利得差 $\Delta\alpha_{11}L$ を示す図である。

【図4】請求項1に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときの規格化外部微分量子効率 $\eta_i/\eta_i$ を示す図である。

【図5】請求項1に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときの戻り光感受率 $|C|$ を示す図である。

【図6】請求項2に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときのモード間利得差 $\Delta\alpha_{11}L$ を示す図である。

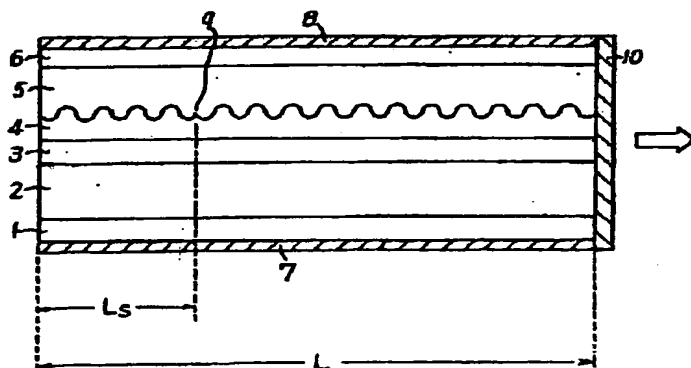
【図7】請求項2に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときの規格化外部微分量子効率 $\eta_i/\eta_i$ を示す図である。

【図8】請求項2に記載のDFBレーザの構造において、 $\lambda/4$ 位相シフトの位置 $L_s/L$ を変えたときの戻り光感受率 $|C|$ を示す図である。

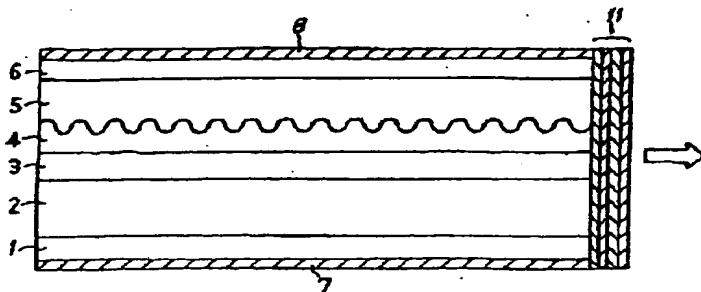
【符号の説明】

- 1 n形 InP基板
- 2 n形 InPクラッド層
- 3 InGaAsP 活性層
- 4 InGaAsP ガイド層
- 5 p形 InPクラッド層
- 6 p形 InGaAsP キャップ層
- 7 n側電極
- 8 p側電極
- 9 位相の不連続部分 ( $\lambda/4$  位相シフト)
- 10 SiO<sub>2</sub>誘電体膜

【図1】



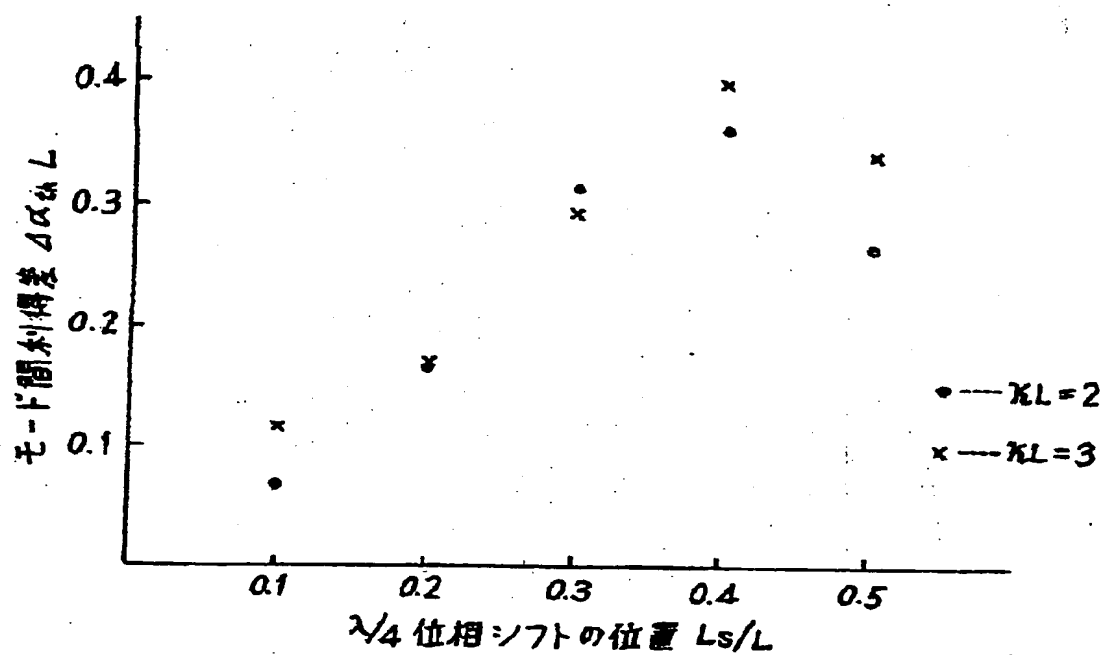
【図2】



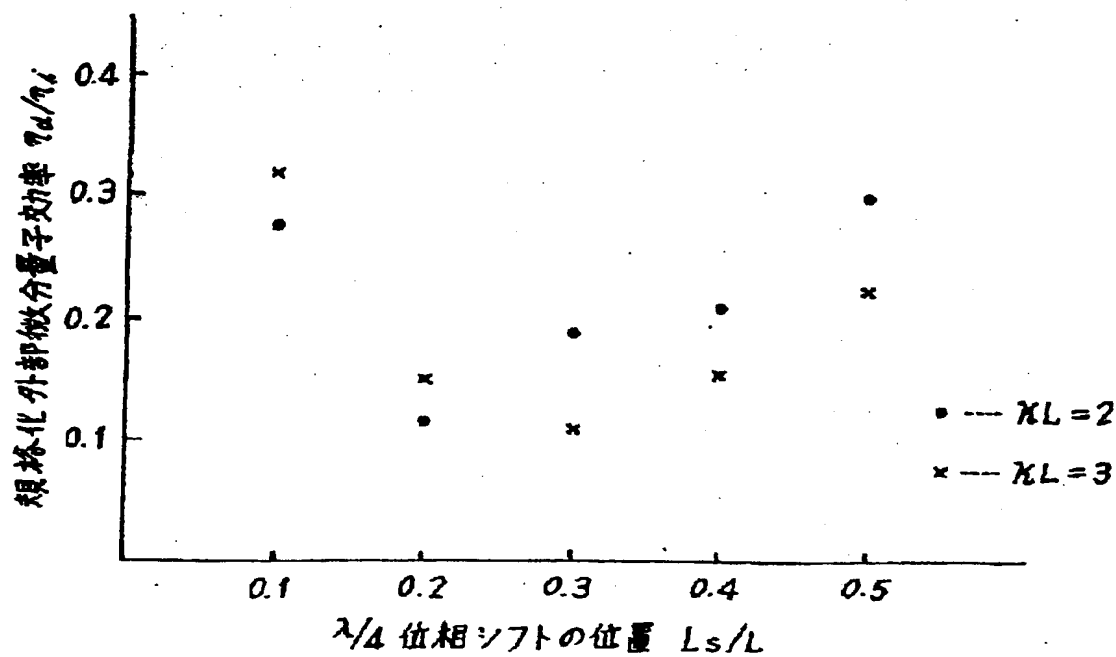
(5)

特開平5-48197

【図3】



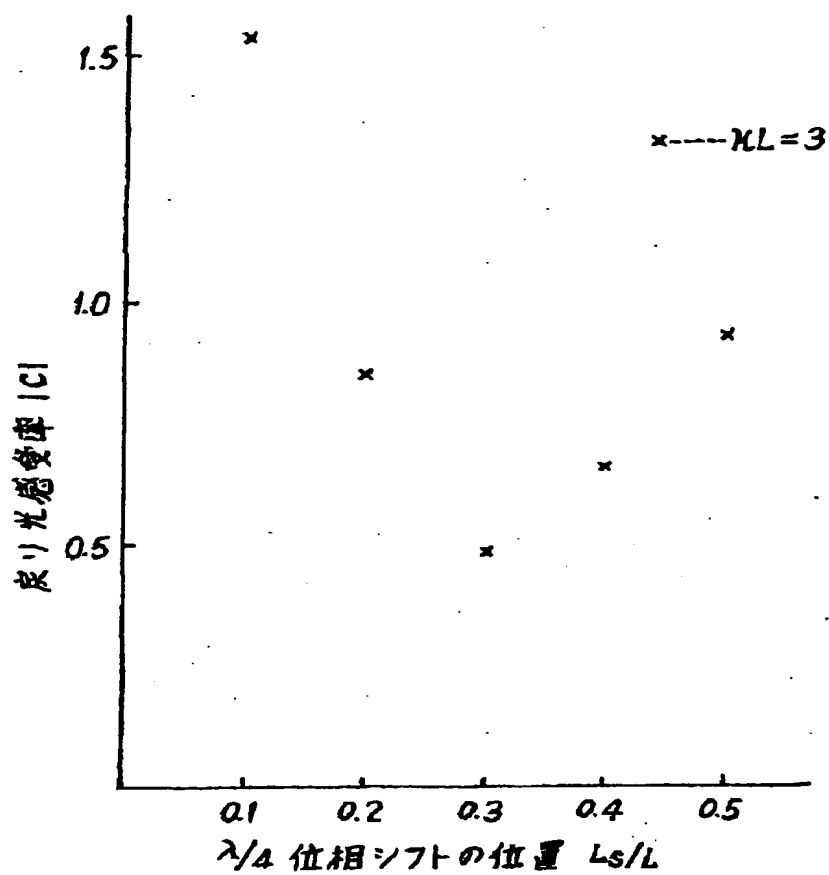
【図4】



(6)

特開平 5 - 4 8 1 9 7

【図 5】

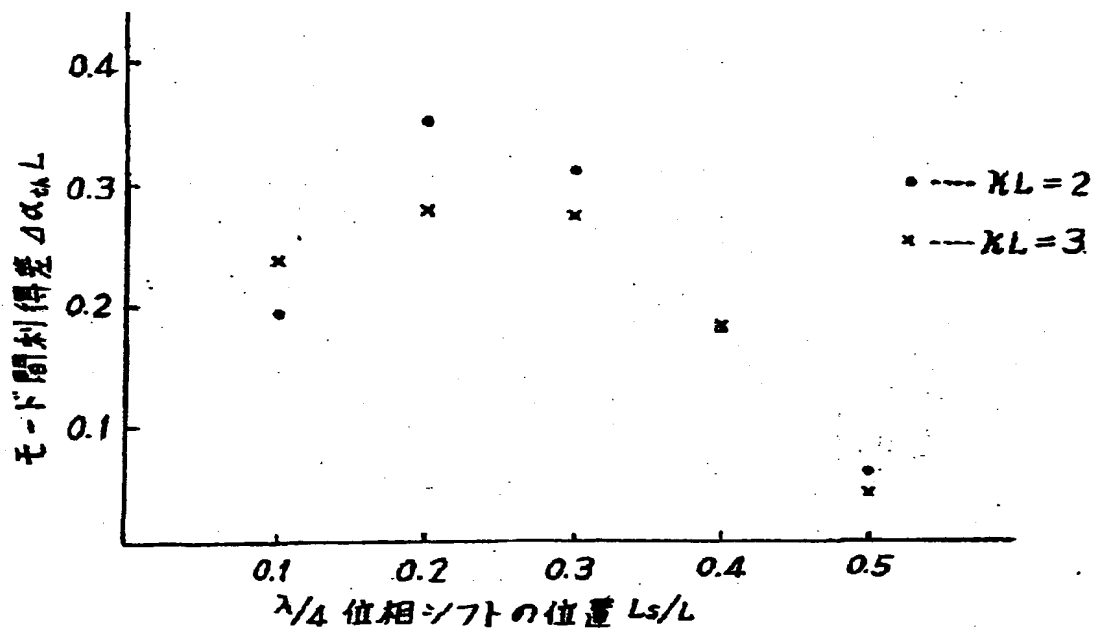




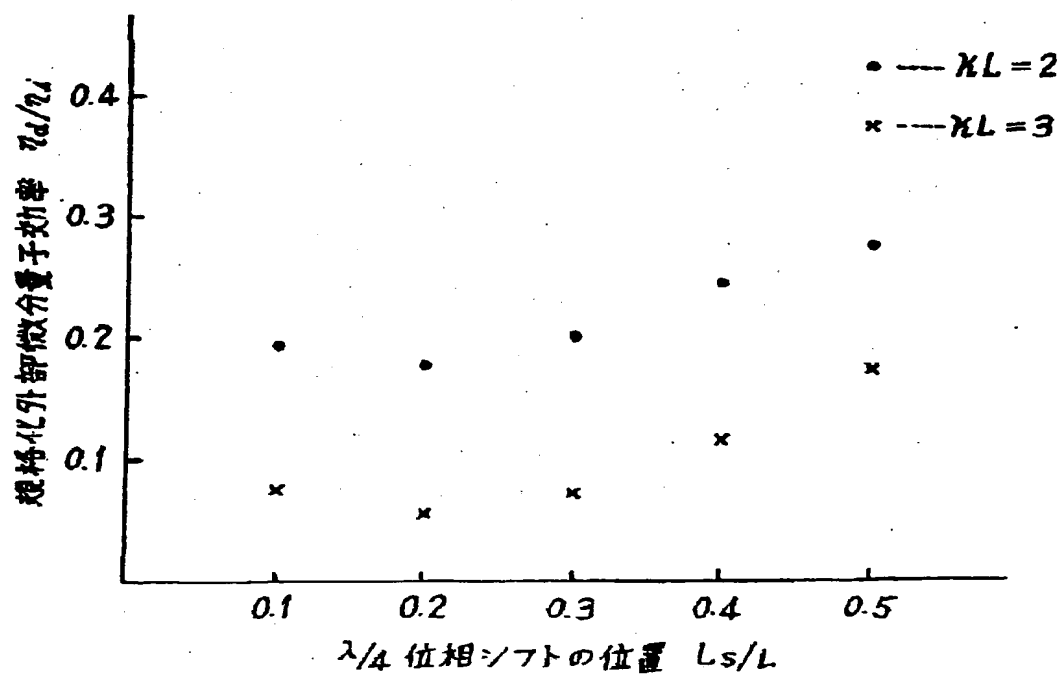
(7)

特開平5-48197

【図6】



【図7】



(8)

特開平5-48197

【図8】

